



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ Off nlegungsschrift  
⑩ DE 100 06 738 A 1

⑤① Int. Cl.<sup>7</sup>:  
H 01 L 33/00

②① Aktenzeichen: 100 06 738.7  
②② Anmeldetag: 15. 2. 2000  
②③ Offenlegungstag: 13. 9. 2001

DE 100 06 738 A 1

- ⑦① Anmelder:  
OSRAM Opto Semiconductors GmbH & Co. oHG,  
93049 Regensburg, DE
- ⑦④ Vertreter:  
Epping, Hermann & Fischer, 80339 München
- ⑦② Erfinder:  
Eisert, Dominik, Dr., 93049 Regensburg, DE; Härle,  
Volker, Dr., 93164 Laaber, DE; Kühn, Frank, 81739  
München, DE; Mundbrod-Vangerow, Manfred,  
89312 Günzburg, DE; Strauß, Uwe, Dr., 93077 Bad  
Abbach, DE; Zehnder, Ulrich, Dr., 93049  
Regensburg, DE

⑤⑤ Entgegenhaltungen:

DE 198 07 758 A1  
DE 195 36 438 A1  
DE 44 27 840 A1  
DE 43 05 296 A1  
DE 26 26 564 A1  
DE 24 16 098 A1  
EP 04 05 757 A2

Engl. Abstract von JP 53-61986 A;  
Patents Abstracts of Japan: JP 4-164 376 A,  
E-1270, 1992, Vol. 16/No. 465;  
S.S. Lee und S.W. Song: Efficiency improvement in  
light-emitting diodes based on geometrically  
deformed chips. SPIE Conference on  
Light-Emitting  
Diodes: Research, Manufacturing and Applications  
III, San Jose, California, 1999, SPIE Vol. 3621,  
S. 237-248;

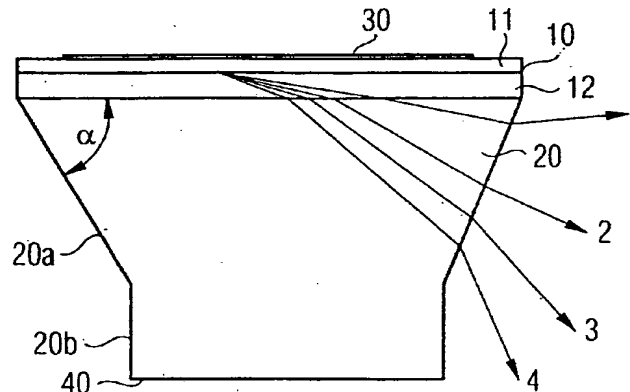
Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Lichtemittierendes Bauelement mit verbesserter Lichtauskopplung und Verfahren zu seiner Herstellung

⑤⑦ Lichtemittierendes Halbleiterbauelement mit einer Mehrschichtstruktur, einer aktiven Schicht (10) innerhalb der Mehrschichtstruktur, elektrischen Kontakten (30, 40), die mit der aktiven Schicht (10) elektrisch verbunden sind und einem transparenten Fenster (20), das an einer Seite der Mehrschichtstruktur (10) anliegt. Das transparente Fenster (20) ist ausschließlich auf einer Seite der Mehrschichtstruktur (10, 11, 12) angeordnet und weist mindestens eine Seitenfläche (20a) auf, die relativ zur Mehrschichtstruktur derart schräg oder konkav verläuft oder gestuft ist, dass sich das Fenster (20) in Richtung von der Mehrschichtstruktur (10, 11, 12) weg verengt, und weist einen senkrecht zur Mehrschichtstruktur verlaufenden Seitenwandteil (20b) auf, der, gesehen von der Mehrschichtstruktur, der schräg oder konkav verlaufenden oder gestuften Seitenfläche (20a) nachgeordnet ist und sich an diese anschließt.

Es ist weiterhin ein Verfahren zum Herstellen eines derartigen Bauelements sowie ein optisches Bauelement mit einem derartigen Halbleiterbauelement angegeben.



DE 100 06 738 A 1

Die Erfindung betrifft ein lichtemittierendes Halbleiter-Bauelement mit einer Mehrschichtstruktur, einer aktiven Schicht innerhalb der Mehrschichtstruktur, Metallkontakten, die mit der aktiven Schicht elektrisch verbunden sind und einem transparenten Fenster, das an einer Seite der Mehrschichtstruktur anliegt und eine Seitenoberfläche aufweist, die im Übergangsbereich zur Mehrschichtstruktur einen spitzen Winkel mit dieser einschließt. Die Erfindung betrifft weiter ein lichtemittierendes optisches Bauelement mit einem lichtemittierenden Halbleiter-Bauelement sowie ein Verfahren zur Herstellung des lichtemittierenden Halbleiter-Bauelements.

Ein lichtemittierendes Halbleiter-Bauelement der genannten Art ist aus der DE 198 07 758 A1 bekannt. Zur Vermeidung von Wiederholungen wird der Inhalt dieser Schrift zum Inhalt der Beschreibung gemacht. Zusammengefaßt bewirken die unterschiedlichen optischen Brechungsindizes von Halbleitermaterialien optischer Halbleiter-Bauelemente wie zum Beispiel von LEDs oder Halbleiterlasern, daß das in der aktiven Schicht des Bauelements erzeugte Licht aufgrund des hohen Brechungsindex der Halbleitermaterialien nur zu einigen Prozent in den Außenraum, typischerweise Luft, mit niedrigerem Brechungsindex ausgekoppelt wird. Bei vorgegebenem elektrischen Strom, der das Halbleiter-Bauelement zur Erzeugung des Lichts durchfließt, ist damit die Helligkeit des Bauelements begrenzt. Typischerweise werden für lichtemittierende optische Bauelemente quaderförmige Halbleiter-Bauelemente eingesetzt.

Die Lichtauskopplung kann gesteigert werden, wenn gemäß der DE 198 07 758 A1 ein transparentes Fenster auf die obere Seite des Halbleiterbauelements aufgebracht wird, dessen durchgehende Seitenoberfläche einen stumpfen Winkel bezüglich der mehrschichtigen Heterostruktur aufweist. Darüber hinaus ist es vorgesehen, zusätzlich zu dem Fenster auf der Oberseite des Halbleiterbauelements eventuell ein weiteres Fenster auf der Unterseite des Halbleiterbauelements anzubringen. Beide Fenster wirken an ihren Grenzflächen als Reflektor, der die an senkrechten Seitenflächen vermehrt auftretende Totalreflexion reduziert. Dadurch wird die direkte Lichtauskopplung erhöht und die Absorption durch lange optische Wege und viele Reflexionen gemindert.

Üblicherweise wird ein derartiges Halbleiterbauelement jedoch in ein Gehäuse eingebaut. Bei dem bekannten Bauelement besteht durch den Aufbau die Gefahr, daß bei einer automatischen Montage des Bauelements in ein Gehäuse eine Verkippung auftreten kann, da die untere Fläche die kleinste Fläche ist, über der der weitausladende obere Fensterbereich angeordnet ist. Dies unterbleibt, wenn nur ein oberes Fenster, nicht jedoch das untere Fenster vorhanden sind. Andererseits besteht bei der Dicke eines eventuell vorhandenen unteren Fensters von maximal 250 µm die Gefahr, daß dieses Fenster bei der Montage des Bauelements in das Gehäuse teilweise von Klebstoff abgedeckt wird, der für die Montage notwendig ist. Andererseits koppeln optische Halbleiterbauelemente vorwärts, d. h. in Richtung senkrecht zur aktiven Schicht, nach oben Licht aus. Die bekannte Anordnung eignet sich jedoch nur für Materialsysteme, z. B. GaP, insbesondere für das nach oben gerichtete Fenster, die stromleitend sind. Im System Gallium-Nitrid sind nur dünne Schichten stromleitend, so dass die bekannte Anordnung nur begrenzt einsetzbar ist.

Zur Verbesserung der Lichtauskopplung ist andererseits vorgeschlagen worden, Halbleiterbauelemente mit schrägen Seitenflächen beispielsweise in Dreiecksform oder in rhomboedrischer Form zu erzeugen, siehe hierzu die Veröffentli-

chung Song Jae Lee, Seog Won Song: "Efficiency Improvement in Light-Emitting Diodes Based on Geometrically Deformed Chips", SPIE Conference on Light-Emitting Diodes, San Jose, California, January 1999, Seiten 237 bis 248. In diesen Anordnungen werden die Reflexionen im Chip erhöht, weil die Reflexionswinkel sich häufig ändern. Gleichzeitig müssen jedoch die lichterzeugende Schicht, die Kontakte oder anderen Schichten des Halbleiterbauelements vorgesehen sein, um möglichst wenig Licht zu absorbieren.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein für die Massenproduktion geeignetes lichtemittierendes Halbleiterbauelement für unterschiedliche Materialsysteme anzugeben, das in der Lage ist, möglichst viel Licht auszukoppeln. Weitere Aufgabe der Erfindung ist es, ein lichtemittierendes optisches Bauelement und ein Verfahren zu dessen Herstellung anzugeben.

Die Erfindung löst diese Aufgabe mit den Merkmalen der Patentansprüche 1, 8 und 11.

Bei einem lichtemittierenden Halbleiterbauelement der eingangs genannten Art ist das Fenster ausschließlich unterhalb der Mehrschichtstruktur angeordnet und die schräg zur Mehrschichtstruktur verlaufenden Seitenwände des Fensters gehen in einen senkrecht zur Mehrschichtstruktur verlaufenden Seitenwandteil mit würfelförmiger Struktur über.

Dies hat den Vorteil, daß die Fläche des Halbleiterbauelements auf seiner Unterseite nicht stark verkleinert wird, so daß bei einer automatisierten Montage in ein Gehäuse Kippmomente des Chips reduziert sind und deshalb ein Verkippen des Bauelements verringert wird. Dies hat andererseits den Vorteil, daß genau der würfelförmige untere Bauelementteil, der wenig Licht extrahiert, in ein Gehäuse eingeklebt werden kann. Weiterhin ergibt sich der Vorteil, daß die obere Bauelementfläche groß genug ist, um möglichst viel Licht direkt nach oben auskoppeln zu können, ohne daß weitere Verluste in einem zusätzlichen oberen Fenster entstehen. Darüber hinaus eignet sich das erfindungsgemäße Halbleiter-Bauelement für Materialsysteme wie (In)(Al)(Ga)N, in denen nur dünne Schichten stromleitend sind. Das erfindungsgemäße Halbleiterbauelement ist in der Lage, Licht bereits beim ersten Cipdurchlauf auszukoppeln und reduziert deshalb an seinen Seitenflächen die Totalreflexionen, erhöht die direkte Lichtauskopplung und verringert die Absorption durch lange optische Wege und viele Reflexionen im Bauelement bzw. angrenzenden Fensterbereichen.

In besonders vorteilhaften Ausgestaltungen der Erfindung ist vorgesehen, daß die schrägen Seitenwände des Fensters alternativ in einer oder in mehreren Stufen in den senkrechten Seitenwandteil übergehen oder daß ein fließender Übergang in den senkrechten Seitenwandteil erfolgt.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung ist vorgesehen, daß mindestens der Bereich des Fensters mit schräger Seitenwand aufgeraut ist.

Besonders vorteilhaft ist es, wenn das Fenster das Substrat ist, wie zum Beispiel bei Bauelementen mit Siliziumcarbidsubstrat.

In einer anderen Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß der Brechungsindex des Fensters höher ist als der Brechungsindex der Licht erzeugenden aktiven Schicht.

Bei einem lichtemittierenden optischen Bauelement, das ein erfindungsgemäßes Halbleiterbauelement aufnimmt, ist vorgesehen, daß das Halbleiterbauelement in einer Ausnehmung eines Grundkörpers montiert ist und dessen Metallkontakte mit elektrischen Anschlüssen des Grundkörpers verbunden sind.

In einer bevorzugten Ausgestaltung dieses optischen Bauelements ist vorgesehen, daß die Seitenwände der Ausnehmung als Reflektor ausgebildet sind.

Besonders bevorzugt ist eine Ausführungsform, bei der die Seitenwände der Ausnehmung so ausgebildet sind, daß die über die schrägen Seitenwände des Fensters des Halbleiterbauelements ausgekoppelten Lichtstrahlen in eine vorgegebene Richtung zur aktiven Schicht nach oben reflektiert werden.

Bei einem Verfahren zur Herstellung eines lichtemittierenden Bauelements gemäß der Erfindung ist vorgesehen, daß nach dem Aufbringen der Mehrschichtstruktur auf einem großflächigem Wafer bzw. Fenster in die so erzeugte Struktur von der Rückseite, d. h. der der aktiven Schicht gegenüberliegenden Oberfläche mit einem Sägeblatt mit Formrand bis zu einer vorgegebenen Tiefe eingesägt wird, in der der blattförmige Teil des Sägeblattes in das Substrat sägt, daß danach das Vereinzeln der großflächigen Waferanordnung mit der aufgetragenen Mehrschichtstruktur an den eingesägten Schnitten erfolgt und daß danach die vereinzelten Bauelemente fertiggestellt werden.

In einem bevorzugten Ausführungsverfahren ist vorgesehen, daß die Metallkontakte bereits vor dem Einsägen der Waferrückseite hergestellt werden.

Bevorzugte Verfahrensschritte für das Vereinzeln der Bauelemente aus dem großflächigem Substrat sind das Brechen an den Schnittkanten oder das Einsägen mit einem zweiten Sägeschnitt an den ersten Einschnitten.

In weiteren bevorzugten Ausführungsformen ist vorgesehen, daß das Einsägen von der Waferrückseite mit einem Sägeblatt erfolgt, dessen Rand V-förmig ist oder eine vorgegebene Kurvenform hat.

Die Erfindung wird nachstehend anhand von in den Figuren der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispielen näher erläutert. Es zeigen:

**Fig. 1 bis 5** schematische Querschnitte durch alternative Ausführungsformen des erfindungsgemäßen lichtemittierenden Halbleiterbauelements

**Fig. 6** einen Vergleich des Abstrahlungsverhaltens zwischen einem herkömmlichen lichtemittierenden Halbleiterbauelement und einem erfindungsgemäßen lichtemittierenden Halbleiterbauelement,

**Fig. 7** eine schematische Querschnittsdarstellung eines erfindungsgemäßen lichtemittierenden optischen Bauelements und

**Fig. 8 bis 11** Ausführungsschritte für ein Verfahren zur Herstellung eines erfindungsgemäßen lichtemittierenden Halbleiter-Bauelements.

**Fig. 1** zeigt rein schematisch einen Querschnitt durch ein erfindungsgemäßes lichtemittierendes Halbleiterbauelement. Die das Licht erzeugende aktive Schicht **10** liegt innerhalb einer Mehrschichtstruktur mit den oberhalb der aktiven Schicht angeordneten Schicht bzw. Schichten **11** und den unterhalb der aktiven Schicht angeordneten Schicht bzw. Schichten **12**. Der genaue Aufbau dieser Mehrschichtstruktur ist abhängig vom Materialsystem und den gewünschten Eigenschaften des Bauelements. Einzelheiten sind aus dem Stand der Technik wohl bekannt, so daß in diesem Zusammenhang hierauf nicht näher eingegangen wird.

Die Mehrschichtstruktur ist zum Beispiel durch Epitaxieverfahren auf einem Substrat **20** hergestellt, das an seiner Unterseite einen elektrischen Kontakt **40** aufweist. Oberhalb der Mehrschichtstruktur **10 bis 12** befindet sich ein zweiter elektrischer Kontakt **30**, der im Ausführungsbeispiel großflächig die obere Oberfläche der Mehrschichtstruktur bedeckt. Der elektrische Kontakt **30** ist so dünn ausgeführt, daß er für das aus der aktiven Schicht nach oben abgestrahlte Licht weitgehendst durchlässig ist. Dies ist bei einer GaN-Struktur beispielsweise durch eine Platinschicht von wenigen nm, z. B. 6 nm möglich. Aus diesem Grund kann der Kontakt großflächig die Oberseite der Mehrschichtstruktur

abdecken. Auf dem Kontakt **30** kann ein undurchsichtiger kleinflächiger Bondpad vorgesehen sein. In Ausführungsformen, in denen diese Voraussetzung nicht gegeben ist, das heißt der Kontakt dicker ist bzw. Licht undurchlässig, wird der Kontakt kleiner ausgeführt, so daß er nur einen Teil der Oberfläche der Mehrschichtstruktur bedeckt, so daß das Licht seitlich vom Kontakt austreten kann.

Der untere elektrische Kontakt **40** ist schematisch gezeichnet und kann einerseits zum direkten Anschluß von Bonddrähten, andererseits als Kontaktschicht ausgeführt sein, wenn das Halbleiterbauelement z. B. mit einem leitfähigen Kleber in ein Gehäuse einmontiert wird.

In dem dargestellten Ausführungsbeispiel ist das Fenster **20** vorzugsweise aus Siliziumcarbid, während die Mehrschichtstruktur auf Galliumnitridbasis ausgebildet ist. Das bedeutet, daß die Mehrschichtstruktur die Elemente Indium, Aluminium, Gallium enthält. Dieses Materialsystem ist nur dann elektrisch leitend, wenn die Schichten dünn sind. Aus diesem Grund ist die Mehrschichtstruktur aus dünnen Schichten gebildet, damit ein Stromfluß zwischen den Elektroden **30** und **40** zustande kommt. Bekannt ist dabei, daß Siliziumcarbid leitend ist. Deshalb kann der Metallkontakt **40** als Gitternetz ausgeführt sein.

In einem anderen Materialsystem können die Schichten **10 bis 12** und das Substrat anders ausgebildet sein. Beispielsweise ist im Materialsystem GaP mit den Elementen Indium, Aluminium, Gallium auch eine Leitfähigkeit bei dicken Schichten möglich. Substrat kann Saphir oder SiC sein. Während deshalb in diesem Materialsystem auch oberhalb der Mehrschichtstruktur **10 bis 12** noch ein transparentes Fenster angeordnet sein könnte, kann ein derartiges Fenster im Materialsystem von Galliumnitrid nicht angebracht werden.

Gemäß der Erfindung ist nun vorgesehen, daß das in diesem Ausführungsbeispiel z. B. als Substrat gebildete transparente Fenster **20** an seiner Oberseite an der Mehrschichtstruktur anliegt und daß die Seitenoberfläche des transparenten Fensters im Übergangsbereich zur Mehrschichtstruktur einen spitzen Winkel  $\alpha$  mit der Mehrschichtstruktur einschließt. Die zunächst schräg unter dem Winkel  $\alpha$  zur Mehrschichtstruktur bzw. zur aktiven Schicht **10** verlaufenden Seitenwände **20a** gehen in Richtung des Metallkontakts **40** in eine senkrecht zur Mehrschichtstruktur verlaufende Seitenwand **20b** über, so daß der untere Teil des Fensters unmittelbar oberhalb des Metallkontakts **20** für sich betrachtet einen würfelförmigen Aufbau hat.  $\alpha$  kann in einem Bereich von z. B.  $20^\circ$  bis  $80^\circ$  liegen, je nach gewünschtem Abstrahlverhalten. Besonders günstig ist ein Winkel von  $30^\circ$ .

Im Ausführungsbeispiel ist das Fenster aus Siliziumcarbid und die Mehrschichtstruktur auf Galliumnitridbasis aufgebaut und die von der aktiven Schicht erzeugte Lichtstrahlung kann nach oben in Richtung des Metallkontakts **30** unmittelbar aus der aktiven Schicht ausgekoppelt werden. Nach unten und zur Seite ausgesandte Lichtstrahlen werden jedoch zunächst an der Grenzfläche zwischen der untersten Schicht der Mehrschichtstruktur **10 bis 12** in das Fenster **20** gebrochen. Aufgrund der Tatsache, daß diese Lichtstrahlen, die nach außen in Richtung auf den Aussenraum des Halbleiter-Bauelements gerichtet sind, auf die unter dem Winkel  $\alpha$  zur Mehrschichtstruktur verlaufende Seitenoberfläche des Substrats treffen, können diese Lichtstrahlen aus dem Fenster bzw. dem Substrat **20** ausgekoppelt werden, wie die Strahlen **1 bis 4** andeuten sollen.

Bei senkrecht zur aktiven Schicht verlaufender Seitenoberfläche wird dagegen fast kein Licht ausgekoppelt. Dies führt dazu, daß im oberen Teil des Fensters **20** mit den abgeprägten Seitenoberflächen Licht nach außen ausgekoppelt werden kann, während im unteren Teil des Substrats mit der

Würfelstruktur nahezu kein Licht nach außen ausgekoppelt wird und dieses damit dunkel bleibt. Bei der Betrachtung eines lichtaussendenden erfindungsgemäßen Halbleiterbauelement erscheinen deshalb die Oberflächen der Mehrschichtstruktur und die schrägen Seitenoberflächen des Substrats leuchtend, während der untere Teil mit würfelförmiger Struktur dunkel bleibt. Auf diese Weise ist es möglich, bis zu 80% oder mehr Licht aus dem lichtemittierenden Halbleiterbauelement auszukoppeln als bei würfelförmigem Substrat.

Das Ausführungsbeispiel der Fig. 2 unterscheidet sich von dem Ausführungsbeispiel der Fig. 1 im wesentlichen dadurch, daß die Seitenoberflächen 20c des Fensters 20 zusätzlich aufgerauht sind und deshalb eine nochmals verbesserte Lichtauskopplung ermöglichen. In diesem Fall wird auch in dem unteren würfelförmigen Teil des Substrats Licht ausgekoppelt.

Gemäß Fig. 3, in der gleiche Elemente wie in Fig. 1 oder 2 mit gleichen Bezugszeichen versehen sind, schließt das Substrat 23 zunächst einen spitzen Winkel  $\beta$  der Seitenoberfläche gegen die aktive Schicht 10 ein. Im weiteren Verlauf in Richtung auf den Metallkontakt 40 ist die Seitenoberfläche verlaufend in Richtung auf den würfelförmigen Substratteil ausgebildet. Auf diese Weise ergibt sich ausgehend von den Ecken des Substrats bzw. dem Anschluß des Substrats an die Mehrschichtstruktur ein fließender Übergang der Seitenoberflächen vom zunächst spitzen Winkel  $\beta$  bis zur senkrecht zur aktiven Schicht verlaufenden Seitenoberfläche des kubischen Teils. Wie schematisch angedeutet ist, ändert sich dadurch das Auskoppelverhalten insbesondere gegenüber der Fig. 1 deutlich, jedoch werden auch bei dieser Anordnung im Bereich des Substrats mit Seitenoberflächen, die unter einem spitzen Winkel zur aktiven Schicht verlaufen, deutlich mehr Lichtstrahlen 31 bis 33 ausgekoppelt als bei einer Würfelform. In den Fig. 1 bis 3 hat das Substrat 20 bzw. 23 einen höheren Brechungsindex als die Licht erzeugende Schicht der Mehrschichtstruktur.

Gemäß Fig. 4 ist vorgesehen, daß das Fenster 24 eine zackenförmige Seitenoberfläche hat, die zwar zunächst unter einem spitzen Winkel an die Mehrschichtstruktur anschließt, aber mit der einhüllenden der Zackenstruktur im wesentlichen in einem rechten Winkel gegenüber der aktiven Schicht angeordnet ist. Bei dieser Anordnung ist im großen eine kubische Struktur erhalten. Jedoch zeigt auch diese Anordnung durch die zackenförmige Struktur und damit durch die veränderten Winkel gegenüber einer kubischen Struktur mit glatten Seitenwänden ein verbessertes Lichtauskoppelverhalten. Allerdings werden viele Strahlen, im Ausführungsbeispiel der Strahl 43 in das Substrat reflektiert, während der Strahl 44 in Richtung auf den Metallkontakt 40 weggebrochen wird.

Gemäß Fig. 5 ist eine Anordnung vorgesehen, bei der das Fenster 25 bis nahezu zum unteren Metallkontakt 40 unter einem schrägen Winkel der Seitenoberflächen, bezogen auf die aktive Schicht 10 verläuft. Hierbei ist es wesentlich, daß sich die Fläche des Bauelements am unteren Metallkontakt 40 nicht wesentlich verjüngt, damit eine automatisierte Montage in ein Gehäuse möglich ist. Es kann eine zusätzliche Stützfunktion auftreten, indem die Unterseite des Substrats in ein Gehäuse eingeklebt wird, wobei der leitfähige Kleber an den unteren Seiten herausquellen und somit zusätzlich stützen kann, siehe gestrichelt angedeutete Kleberoberfläche 55.

Die Dicke des Fensters 20 in allen Ausführungen der Fig. 1 bis 5 beträgt vorzugsweise zwischen 50  $\mu\text{m}$  und 250  $\mu\text{m}$ . Ein Klebekontakt an der Unterseite des Fensters in einem Gehäuse sollte dabei eine Höhe von 50  $\mu\text{m}$  nicht überschreiten. Vorteil einer derartigen Konstruktion ist dabei eine grö-

Bere Standfläche durch den an den Seiten der Unterseite des Fensters herausquellenden Klebers, die zusätzlich eine größere Wärmeabfuhr neben größerer Stabilität erlaubt.

Gemäß Fig. 6 ist eine Simulation des Abstrahlverhaltens von herkömmlichen kubischen Chips und erfindungsgemäßen Halbleiter-Bauelementen dargestellt. Das Diagramm gibt dabei den Abstrahlwinkel in 360°-Darstellung sowie die Abstrahlintensität in die jeweiligen Richtungen anhand von konzentrischen Kreisen an. Gemäß Fig. 6a ist erkennbar, daß ein bekannter Licht emittierender Chip nach oben in Richtung 0° und im wesentlichen mit zwei weiteren schmalen Keulen in Richtung 125° und 235° abstrahlt. Demgegenüber zeigt das erfindungsgemäße Halbleiterbauelement gemäß Fig. 6b eine gegenüber Fig. 6a deutlich erhöhte Strahlintensität zwischen den Winkeln 330 und 30°. Darüber hinaus sind die zwischen 90° und 270° ausgekoppelten Lichtkeulen sowohl in ihrem Winkelbereich deutlich verbreitert als auch in ihrer Intensität erheblich erhöht gegenüber den Keulen der Fig. 6a. Das bedeutet insbesondere, daß eine Keule zwischen etwa 95° und 130° abstrahlt in einer Hauptrichtung, die nahezu waagrecht aus dem Chip herausgeht. Zwischen 180° und 270° wird eine spiegelbildliche Keule ausgekoppelt. Insgesamt ergibt sich mit einer Anordnung gemäß den Fig. 1 bis 5 entsprechend Fig. 6b ein deutlich, d. h. um 80% oder mehr verbessertes Lichtauskoppelverhalten im Vergleich zu einem bekannten lichtemittierenden Halbleiterbauelement.

Gemäß Fig. 7 ist vorgesehen, daß ein erfindungsgemäßes Halbleiterbauelement gemäß z. B. den Fig. 1 bis 5 in die Ausnehmung 71 eines Grundkörpers 70 montiert ist. Der Grundkörper kann beispielsweise wie in Fig. 7 dargestellt, ein Leiterrteil einer Radial-LED sein, der elektrisch mit den Metallkontakt 40 des Halbleiterbauelements kontaktiert ist, während der Metallkontakt 30 mit einem Bonddraht mit dem zweiten Anschluß 72 der LED verbunden ist. Die Gesamtanordnung ist mit einem transparenten Material 73 umhüllt.

Ebenso gut kann das erfindungsgemäße lichtemittierende Halbleiterbauelement in das Gehäuse bzw. den Grundkörper einer nach oben abstrahlenden oberflächenmontierbaren LED angeordnet sein. Auch dort ist ein Grundkörper gebildet, der eine Ausnehmung aufweist, in der das Halbleiterbauelement montiert wird.

Die Seitenwände 74 der Ausnehmung 71 des Grundkörpers 70 sind als Reflektor ausgebildet, was entweder durch die Wahl des Materials des Grundkörpers oder durch eine Beschichtung der Ausnehmung erfolgen kann. Der Reflektor ist zweckmäßig, um das gemäß Fig. 6b seitwärts nach unten abgestrahlte Licht nutzbar nach vorne in Richtung des Metallkontakts 30 des Halbleiterbauelements abzustrahlen. Die Form des Reflektors 74 ist dabei so gewählt, daß sich die gewünschte Abstrahlcharakteristik ergibt. Für stark nach oben bzw. nach vorn gerichtete Strahlung ist eine Reflektorform zweckmäßig, deren Seitenneigung nach außen hin zunimmt, beispielsweise in Form einer Halbparabel.

Gemäß den Fig. 8 bis 11 wird die Herstellung eines erfindungsgemäßen lichtemittierenden Halbleiterbauelements skizziert. In Fig. 8 sind schematisch mit den Bezugszeichen gemäß Fig. 1 die lichtemittierende Schicht 10 sowie das Fenster 20 gekennzeichnet. Im Ausführungsbeispiel ist die lichtemittierende Schicht dabei an Stellen vorgesehen, an denen das spätere lichtemittierende Bauelement erzeugt werden soll. Mit ansich bekannten Methoden wird dabei gemäß Fig. 8 zunächst auf dem Substrat 20 die nicht näher dargestellte Mehrschichtstruktur mit den jeweiligen aktiven Schichten 10 erzeugt. Die Herstellungsmethoden umfassen dabei insbesondere Maskierungs- und Beschichtungstechniken, z. B. Epitaxieverfahren.

Gemäß der Erfindung wird nach der Erzeugung der Mehrschichtstruktur die Anordnung von der Rückseite, d. h. von der Fensterseite mit einem Profilsägeblatt eingesägt, dessen Rand R eine vorgegebene Form aufweist. Im Ausführungsbeispiel ist der Rand v-förmig ausgebildet. Das Einsägen erfolgt nun so, daß das Substrat nicht nur mit der Spitze des v-förmigen Sägeblattes 80 angeritzt wird, sondern daß der Schnitt so tief ausgeführt wird, daß auch der blattförmige Teil des Sägeblattes in das Substrat einsägt. Es ergibt sich damit ein Sägeschnitt S1, der zunächst mit senkrechten Wänden in das Substrat hineingeht, um danach entsprechend der Randform R des Sägeblattes, in diesem Fall v-förmig zuzulaufen. Möglich ist auch ein runder oder anders geformter Profilrand. Die nach dem Sägen zwischen der Einkerbung im Substrat und der lichtemittierenden Schicht verbleibende Resthöhe H beträgt typisch 10 µm bis 100 µm. Fig. 9 zeigt noch einmal bezogen auf Fig. 1, wie zwischen dem v-förmigen Einschnitt und der lichtemittierenden Schicht 10 der Winkel  $\alpha$  gemäß Fig. 1 gebildet wird.

Nach dem Ansägen gemäß Fig. 8 werden die Bauelemente, abhängig von der Resthöhe H, entweder durch ein Keilbrechverfahren gemäß Fig. 10 oder durch einen zweiten Sägeschnitt vereinzelt. Dazu wird die eingeschnittene Anordnung gemäß Fig. 8 auf einen Träger T aufgeklebt. Gemäß Fig. 10 erfolgt dann von der freien Unterseite des Trägers ein Aufbrechen der Resthöhe H mit Hilfe eines Brechkeils. Gemäß Fig. 11 ist es alternativ möglich, mit einem zweiten Sägeschnitt S2 den Wafer zu zerteilen, so daß die einzelnen Halbleiterbauelemente vereinzelt werden.

Die Auswahl der Randform R des Profilsägeblattes richtet sich nach den gewünschten Seitenoberflächen des Substrats und diese wiederum danach, wie eine maximale Lichtauskopplung erreicht werden kann. Abhängig von den Brechungsindices des Halbleitermaterials und der Umgebung bzw. des Substrats liegen typische Winkel  $\alpha$  bei einem v-förmigen Sägeschnitt zwischen 20° und 80°.

#### Patentansprüche

1. Lichtemittierendes Halbleiterbauelement mit
  - einer Mehrschichtstruktur,
  - einer aktiven Schicht innerhalb der Mehrschichtstruktur,
  - Metallkontakten, die mit der aktiven Schicht elektrisch verbunden sind und
  - einem transparenten Fenster, das an einer Seite der Mehrschichtstruktur anliegt und eine Seitenoberfläche aufweist, die im Übergangsbereich zur Mehrschichtstruktur einen spitzen Winkel mit dieser einschließt,
 dadurch gekennzeichnet, daß das Fenster (20) ausschließlich unterhalb der Mehrschichtstruktur (10, 11, 12) angeordnet ist und die schräg zur Mehrschichtstruktur verlaufenden Seitenwände (20a) in einen senkrecht zur Mehrschichtstruktur verlaufenden Seitenwandteil (20b) übergehen.
2. Lichtemittierendes Halbleiterbauelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die schrägen Seitenwände des Fensters in einer Stufe oder in mehreren Stufen in den senkrechten Seitenwandteil übergehen.
3. Lichtemittierendes Halbleiterbauelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der spitze Winkel ( $\alpha$ ) der Seitenwand des Fensters verlaufend in den senkrechten Seitenwandteil übergeht.
4. Lichtemittierendes Halbleiterbauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens der Bereich des Fensters mit

schräger Seitenwand aufgerauht (20c) ist.

5. Lichtemittierendes Halbleiterbauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Fenster (20) das elektrisch kontaktierte Substrat bildet.
6. Lichtemittierendes Halbleiterbauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Brechungsindex des Fensters größer als der Brechungsindex des Halbleitermaterials, insbesondere der aktiven Schicht ist.
7. Lichtemittierendes Halbleiterbauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Fenster aus Siliciumcarbid besteht.
8. Lichtemittierendes optisches Bauelement mit einem lichtemittierenden Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 7, das in einer Ausnehmung (71) eines Grundkörpers (70) montiert ist und dessen Metallkontakte (30, 40) mit elektrischen Anschlüssen (71, 75) des Grundkörpers verbunden sind.
9. Lichtemittierendes optisches Bauelement nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Seitenwände der Ausnehmung als Reflektor (74) ausgebildet sind.
10. Lichtemittierendes optisches Bauelement nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Seitenwände der Ausnehmung so ausgebildet sind, daß über die schrägen Seitenwände des Fensters des Halbleiterbauelements abgestrahltes Licht in einer vorgegebenen Richtung zur aktiven Schicht nach oben reflektiert wird.
11. Verfahren zur Herstellung eines lichtemittierenden Halbleiterbauelements nach einem der Patentansprüche 1 bis 7, gekennzeichnet durch die folgenden Schritte:
  - Aufbringen der Mehrschichtstruktur (10, 11, 12) auf einem großflächigen Substrat (20) bzw. Wafer,
  - Einsägen in die so erzeugte Struktur von der Substratrückseite mit einem Sägeblatt (80) mit Formrand (R) bis zu einer vorgegebenen Tiefe, in der der blattförmige Teil des Sägeblattes in das Substrat sägt,
  - Vereinzeln der eingesägten Struktur an den eingesägten Schnitten und
  - Fertigstellen des vereinzelteten Bauelements.
12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß das Vereinzeln durch ein Brechverfahren oder einen zweiten Sägeschnitt erfolgt.
13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Metallkontakte vor dem Einsägen der Substratseite auf den freien Oberflächen des Substrats bzw. der Mehrschichtstruktur hergestellt werden.
14. Verfahren nach Anspruch 11 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß das Einsägen mit einem Sägeblatt mit v-förmigen Rand erfolgt.
15. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß das Einsägen mit einem Sägeblatt mit einem Rand mit vorgegebener Kurvenform erfolgt.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

